

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-32078

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 L 12/56  
12/46  
12/28  
12/66

H 0 4 L 11/20  
11/00  
11/20

1 0 2 A  
3 1 0 C  
B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平9-186266

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 渡部 謙

神奈川県川崎市幸区鹿島田890番地 株式会社日立製作所情報システム事業部内

(72) 発明者 新 善文

神奈川県海老名市下今泉810番地 株式会社日立製作所オフィスシステム事業部内

(72) 発明者 岩月 和子

神奈川県川崎市幸区鹿島田890番地 株式会社日立製作所情報システム事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

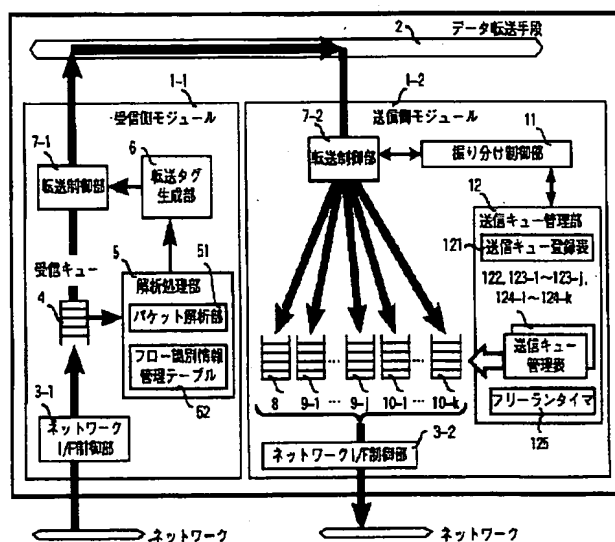
(54) 【発明の名称】 送信キュー管理方式および本方式を用いるインタネットワーク装置

(57) 【要約】

【課題】 プロトコルに依存せずフロー制御を実現する簡易送信キュー制御方式の実現。

【解決手段】 複数のネットワークに相互に接続し、あるネットワークから別のネットワークへパケットを中継する装置において、プロトコルに関わらず受信パケットが優先制御を必要とするかフロー制御を必要とするか特別な処理を必要としないか判断する機能を持ち、判断結果に基づきパケットを該当する送信キューへ分別する機能を持ち、さらに、優先制御を要するパケットの送信キューからはパケットが一定以上の帯域を保って送信されるよう、またフロー制御を要するパケットの送信キューからはフロー毎に割り当てられた帯域値に従ってほぼ一定間隔を保って送信されるよう制御する機能を持つ。

図1



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数のネットワークに相互に接続しそれぞれのネットワーク間のパケットを相互に中継するインタネットワーク装置であって、

該インタネットワーク装置に接続するあるネットワークから受信したパケットに記録されている宛先ネットワーク層アドレスとトランスポート層プロトコル、セッション層アプリケーションを解析する機能を有し、

また、受信したパケットに記録されている送り元ネットワーク層アドレスとフローを識別するための値を解析する機能を有し、

該インタネットワーク装置に、宛先ネットワーク層アドレスとトランスポート層プロトコルとセッション層アプリケーションの値の組、および、送り元ネットワーク層アドレスとフローを識別するための値を組にして登録し、登録したそれぞれの組に識別番号を付ける機能を有し、

両者それぞれの解析結果と該インタネットワーク装置に該登録済みの情報とを比較し、いずれかの解析結果と一致する情報が存在した場合には、該受信パケットが一定の帯域を保証しながら中継する必要があるパケット群の 1 つと判断する機能を有し、

該パケットを該インタネットワーク装置に接続する別のネットワークへ中継する際に解析結果と一致した情報の識別番号毎に帯域を保証するための送信キューを用意し、該送信キューを使って送信する機能を有することを特徴とするインタネットワーク装置。

【請求項 2】請求項 1 記載のインタネットワーク装置において、該インタネットワーク装置が動作しつづける限り一定の間隔で値を増加させるタイマと、前記送信キュー毎に該送信キューの管理情報を保持する管理表を有し、該管理表には該タイマの値を一時的に記録しておく記録領域を 2 個設け、

前記パケット群の通信に必要な既登録の帯域幅と推定平均パケット長から前記送信キューの送信処理を実行する送信時間間隔の値をあらかじめ算出しておき、

前記送信キューに登録されているパケットを 1 パケット送信し終わる毎に、該送信時間間隔の値から次に該送信キューの送信処理をすべき時間を算出し、これに時間幅を付けた値の上限値と下限値を該送信キューの管理表の該記録領域 2 個に記録し、

該記録領域に記録した時間幅の上限値と下限値の範囲に該タイマの値が入ったならば該送信キューに登録したパケットを 1 パケット送信する機能を有することを特徴とするインタネットワーク装置。

【請求項 3】2 個の  $n$  ビット ( $n$  は整数) のデータを 1 組にして複数組のデータを登録することができ、任意の 1 組のデータを削除することができ、それぞれの組に該組のデータが有効か否かを表す有効ビットを有し、データを登録した組の該有効ビットは有効の状態に設定さ

## 2

れ、データを削除した組の該有効ビットは無効の状態に設定される記憶素子であって、

比較対照として該記憶素子外部から与えられる  $n$  ビットのデータが、あらかじめ登録された 1 組 2 個のデータで挟まれた値の範囲に入っているか、全ての有効な組に対して調べる機能を有し、

範囲内と判定された組が存在したならば該組が登録されている該記憶素子の番地を出力する機能を有し、範囲内と判定された組が複数存在するならば番地の値が小さい順番、または大きい順番に番地の値を全てまたは一部出力する機能を有することを特徴とする記憶素子。

【請求項 4】請求項 2 記載のインタネットワーク装置において、

前記管理表に設ける前記タイマの値を一時的に記録しておく記録領域として請求項 3 記載の記憶素子を利用し、あらかじめ前記次に送信処理をすべき時間の上限値と下限値を組にして該記憶素子に登録しておき、前記記憶素子に与えるデータとして前記タイマの値を与え、該記憶素子に記憶した時間幅の上限値と下限値の範囲に該タイマの値が入ったならば該送信キューに登録したパケットを 1 パケット送信する機能を有することを特徴とするインタネットワーク装置。

【請求項 5】複数のネットワークに相互に接続しそれぞれのネットワーク間のパケットを相互に中断するインタネットワーク装置であって、

該インタネットワーク装置に接続するあるネットワークから受信したパケットに記録されているトランスポート層プロトコルとセッション層アプリケーションを解析する機能を有し、

また、受信したパケットに記録されている優先処理の必要性の程度を表す値を解析する機能を有し、

該インタネットワーク装置にあらかじめ個々のトランスポート層プロトコルとセッション層アプリケーションの組、または、優先処理の必要性の程度を表す値に、識別番号を割り当てておき、

両者それぞれの解析結果と該インタネットワーク装置に既登録の情報とを比較し、いずれかの解析結果と一致する情報が存在した場合には、該受信パケットが他のパケットより優先的に中継する必要があるパケット群の 1 つと判断する機能を有し、

該パケットを該インタネットワーク装置に接続する別のネットワークへ中継する際に解析結果と一致した情報の識別番号毎にパケットの優先的な送信処理を実行するための送信キューを用意し、該送信キューを使って送信する機能を有することを特徴とするインタネットワーク装置。

【請求項 6】請求項 4 記載のインタネットワーク装置において、該インタネットワーク装置が動作しつづける限り一定の間隔で値を増加させるタイマと、前記送信キュー毎に該送信キューの管理情報を保持する管理表を有

し、該管理表には該タイマの値を一時的に記録しておく記録領域を2個設け、

第1の該記録領域には次に前記送信キューの送信処理を起動する予定時刻の該タイマ値を記録しておき、前記送信キュー以外の送信キューの処理を1回実施する毎に第1の該記録領域に記録した該タイマ値と現在の該タイマ値を比較し、現在の該タイマ値が大きければ前記送信キューに登録されているパケットを1パケット送信する機能を有し、

前記パケット群を取り扱う送信キューの処理継続時間をあらかじめ決定しておき、

前記送信キューに登録されているパケットを1パケット送信する際、送信処理を開示したときに現在の該タイマ値を第2の該記録領域に記録しておき、1パケットの送信処理を終了したときに第2の該記録領域に記憶している値に該処理継続時間を加えた値が現在の該タイマ値よりも大きな値であれば、加えて1パケットの送信処理を実行する機能を有することを特徴とするインターネットワーク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】複数のネットワーク間を接続しパケットの相互通信を実現するスイッチ、ルータなどのインターネットワーク装置に関わる発明である。

【0002】

【従来の技術】はじめに「フロー」という言葉の説明をする。ある特定の送信元端末のアプリケーションから別のある特定の宛先端末のアプリケーションへ送信する一連のパケット群のうち、通過する経路上に存在するネットワーク間接続装置において一定の帯域を保証しながら中継する必要があるパケットの単一方向の流れを指す。また、ネットワーク間接続装置において、あるフローに属するパケット群を特別に扱いこのパケット群に対して帯域を保証する処理をフロー制御と呼ぶ。

【0003】帯域保証のためのフロー制御技術には従来からもあったが、いずれも交換機などの大規模な装置に適用することを狙った技術であり、ルータ、スイッチといった小型装置に同じ技術を適用しようとする装置全体の規模に比べフロー制御を実現するための部分が大幅に大きくなり過ぎるため適さない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明はネットワーク間接続装置において、厳密なフロー制御は必要とされていないが最善努力型の大まかなフロー制御を必要としている場合には対応する、比較的处理負荷が軽い優先制御およびフロー制御機能を実現することを目的とする。この際、異なる複数のプロトコル、特にIPv4プロトコル(Internet Protocol version 4)とIPv6プロトコル(Internet Protocol version 6)両方を区別なく同様に取り扱えることが課題である。

【0005】

【課題を解決するための手段】受信したパケットを解析し、優先制御を必要とするパケットか、フロー制御を必要とするパケットか、特別な処理を必要としないパケットかプロトコル種別に関わらず判断する手段を設ける。さらに、その解析結果別にパケットを該当する送信キューに分別する手段を設け、分別された各送信キュー毎に送信時間を管理して送信処理する手段を設ける。送信時間の管理方法は、優先制御の場合とフロー制御の場合では異なり、優先制御の場合には対象となるパケットが一定以上の帯域を保って送信されるよう、またフロー制御の場合にはフロー毎に割り当てられた帯域値に従ってほぼ一定間隔を保って送信されるよう制御する手段を設ける。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明の一実施例として図1に示す構成を持つネットワーク間接続装置の説明をする。本発明の装置は、パケットをデータリンク層アドレスに基づいて中継するスイッチである場合も考えられ、ネットワーク層アドレスに基づいて中継するルータである場合も考えられ、また、その両者を組み合わせたネットワーク間接続装置である場合も考えられる。

【0007】本実施例の説明では「フロー」という言葉を使う。フローとは、ある特定の送信元端末のアプリケーションから別のある特定の宛先端末のアプリケーションへ送信する一連のパケット群のうち、通過する経路上に存在するネットワーク間接続装置において帯域を保証しながら中継する必要があるパケットの単一方向の流れを指す。また、ネットワーク間接続装置においてあるフローに属するパケットの帯域を保証する処理をフロー制御と呼ぶ。さらに、本実施例ではパケットの流れをフローと認識するようネットワーク間接続装置に設定することをフローを設定すると呼ぶことにする。なお、宛先端末は単一の端末である場合もあり得るし、同一マルチキャストグループに属する複数の端末である場合も考えられる。

【0008】さらに、本実施例ではOSI (Open Systems Interconnection) 参照モデルのネットワーク層プロトコルに相当するものとしてIPv4 (Internet Protocol version 4) およびIPv6 (Internet Protocol version 6) を利用するパケットの取り扱いを中心に説明する。ここで、IPv4とはIETF (Internet Engineering Task Force) 発行のRFC (Request For Comments) ドキュメントRFC791で定義されるプロトコルである。またIPv6とはRFCドキュメントRFC1883で定義される次世代IPプロトコルであり、IPv4の後継プロトコルである。本実施例ではIPv4、IPv6両方のことをまとめてIPと表現する。なお、IPv4およびIPv6以外のプロトコルを用いる場合についても同様の機能を実現可能であるが、ここでは詳細は説明しない。

## 5

## 【0009】●本実施例の装置構造

本実施例の装置は、ネットワークに接続しパケットの送受信と他のモジュールとの間のデータ転送を制御するモジュール1-1、1-2、1-3、…1-i (iは0でない整数)、全てのモジュール1-1~1-iを相互に接続しモジュール間のデータ転送経路となるデータ転送手段2、から構成される。

【0010】受信側モジュール1-1は、ネットワークからパケットを受信するネットワークインタフェース制御部3-1 (図中、インタフェースはI/Fと表記)、ネットワークインタフェース制御部3-1から受信したパケットを格納する受信キュー4、受信キュー4に格納した受信パケットのヘッダ部を解析し受信パケットの転送先モジュールを決定する解析処理部5、解析処理部5の解析結果をまとめパケットのモジュール間転送に利用する転送タグを生成する転送タグ生成部6、転送タグに従ってモジュール間のデータ転送を制御する転送制御部7-1、から構成される。

【0011】さらに、解析処理部5は受信したパケットを解析するパケット解析部51、パケット解析時にフロー識別情報を参照するためのフロー識別情報テーブル52から構成される。

【0012】送信側モジュール1-2は、他モジュールから転送されたパケットの取り込みを制御する転送制御部7-2、優先度制御やフロー制御を必要としない通常のパケットを送信するための一般送信キュー8、優先度制御を必要とするパケットを送信するための優先送信キュー9-1、9-2、…9-j (jは0でない整数)、フロー制御を必要とするパケットを送信するためのフロー送信キュー10-1、10-2、…10-k (kは0でない整数)、転送制御部7-2が取り込んだパケットを転送タグに従って送信キュー8、9-1~9-j、10-1~10-kへ振り分ける振り分け制御部11、送信キュー8、9-1~9-j、10-1~10-kを管理制御する送信キュー管理部12、送信キュー8、9-1~9-j、10-1~10-kのパケットをネットワークへ送信するネットワークインタフェース制御部3-2、から構成される。

【0013】さらに、送信キュー管理部12は、送信キュー登録表121、一般送信キュー8の管理表122、優先送信キュー9-1、9-2、…9-jの管理表123-1、123-2、…123-j、フロー送信キュー10-1、10-2、…10-kの管理表124-1、124-2、…124-k、送信管理用のフリーランタイム125から構成される。

【0014】ここでは説明を簡略化するためにモジュール1-1とモジュール1-2をデータ転送手段2により接続し、モジュール1-1のネットワークインタフェース制御部3-1がネットワークからパケットを受信し、そのパケットをモジュール1-2のネットワークインタフェース制御部3-2がネットワークへ送信する場合だけに差目して説明を進める。しかし、次に示す各構成およびそれらの

## 6

組み合わせをとる場合も考えられる。

【0015】・同一モジュールに送信用ネットワークインタフェース制御部と受信用ネットワークインタフェース制御部の両方を持つ構成

・1モジュールに送信用または受信用のネットワークインタフェース制御部を複数持つ構成

・同一装置内にモジュールを3個以上接続する構成

・受信したパケットを同一モジュール内の送信用ネットワークインタフェース制御部から送信する機能を持つ構成

次に図1の装置においてモジュール1-1から受信したパケットをモジュール1-2から送信するまでの処理全体を説明する。

## 【0016】●パケットの受信、解析

はじめにネットワークインタフェース制御部3-1を通じてネットワークから受信したパケットはヘッダ部から順に受信キュー4に格納される。ネットワークインタフェース制御部3-1は接続されているネットワークのデータリンク層種別に従ってパケットを受信し、受信キュー4に格納する。パケットが受信キュー4に格納されたら、解析処理部5のパケット解析部51が受信キュー4に格納されたパケットを解析し始める。解析を始める契機は、ネットワークから受信したパケットのうち少なくともヘッダ部が受信キュー4に格納された時点とする場合もあり、またパケットが完全に受信キュー4に格納された後とする場合もあり得る。ヘッダ解析の目的は次の2つである。

## 【0017】・転送先決定

・受信パケットの取り扱い決定

このうち転送先決定とは、受信したパケットをどのモジュールへ転送しどのネットワークインタフェース制御部からネットワークへ送信すべきか決定する処理のことであり、このためのヘッダの解析内容はネットワーク間接続装置の種類、ネットワーク層プロトコルの種類によって異なる。本発明はパケットの転送先決定に関わるものではないので詳細は述べないが、簡単に例を示しておく。例えば、本実施例のネットワーク間接続装置がルータである場合には次のように処理する。ヘッダ解析の結果ネットワーク層プロトコルが例えばIPv6 (Internet Protocol version 6) であったならば、パケットから宛先IPv6アドレスを抽出しそれを元にあらかじめ登録済みの経路表を検索してパケットの中継先モジュールおよびネットワークインタフェース制御部を決定する。パケットを受信したネットワークと中継先のネットワークのデータリンク層種別が異なる場合にはパケットを送信する前にデータリンクヘッダを付け換える必要があり、データリンク種別が同じであってもデータリンクヘッダの宛先データリンクアドレスなどを書きかえる必要を生じる場合もある。また、例えば本実施例の装置がスイッチである場合には、宛先データリンク層アドレスを抽出し

それを元にあらかじめ登録済みのデータリンクアドレス表を検索してパケットの中継先モジュールおよびネットワークインタフェース制御部を決定する。

【0018】2番目の受信パケットの取り扱い決定とは、本実施例のネットワーク間接続装置が受信したパケットに対して次の(a)～(c)3種のうちどの処理を施す必要があるか判定する処理である。

【0019】(a)あらかじめフロー設定情報を登録していてフロー制御を要するパケット

(b)プロトコルの特性により優先制御を要するパケット

(c)特別な処理を必要としないパケット

受信したパケットが(a)～(c)のいずれに該当するか判断する方法を説明する前に、まずIPを利用するセッション層アプリケーション群のプロトコル特性を説明する。IPを利用するセッション層アプリケーション群を大まかに分けると、送達確認をするTCP(Transmission Control Protocol)をトランスポート層に利用するものと送達確認をしないUDP(User Datagram Protocol)を利用するものがある。ネットワークが混雑していて途中経路でパケットが廃棄される場合を考える。このような場合、廃棄されたパケットがTCPを利用していただければ再送により廃棄されたデータを回復しようとし、UDPを利用していたならば再送されずデータは失われる。TCPを利用していた場合には混雑緩和のためにパケットが廃棄されたにもかかわらず再びパケットが送信されるので、場合によっては混雑がさらに激しくなる可能性もある。このため、TCPを利用したパケットは途中経路で可能な限り廃棄しないよう処理することが要求される。さらにTCPパケットの中でも、データをまとめて送信するFTP(File Transfer Protocol)などのパケットは個々のパケットの遅延時間は問題にならないが全体としての単位時間あたりのデータ転送量(スループット)が大きいことが要求され、また人間が対話的に操作するアプリケーションであるtelnet(仮想端末)などのパケットには人間の作業を妨げない程度に応答時間(レイテンシ)が早いことが要求される。また、画像や音声を送るパケットの場合には定期的にパケットを送信する必要がある、このようなパケットの場合TCP/UDPに関わらず一定の帯域を確保するためにフローを設定して通信する場合が多い。

【0020】次に、受信したパケットが登録済みのフローに該当するパケットか識別するための情報について述べる。本実施例ではフロー制御を必要としているパケットのフローを識別するための情報は本実施例のネットワーク間接続装置全体で一元管理し、それぞれのフローのフロー識別情報エントリには装置全体で一意に定まるフロー識別番号が割り当てられているものとする。また、それぞれのモジュールは一元管理されたフロー識別情報またはその複写物をフロー識別情報テーブル52を用いて参照でき、また何らかの手段で更新できフロー識別情報

テーブル52に反映できるものとする。フロー識別情報テーブル52の各エントリは次の各項目から構成される。

【0021】・フローの識別番号

・フロー識別方法(ポート番号利用/フローラベル利用)

・ポート番号を利用してフローを識別する場合  
ネットワーク層プロトコル種別(IPv4/IPv6)

宛先装置の端末IPアドレス

トランスポート層プロトコル種を表す値

10 宛先装置のアプリケーションに対応するポート番号

・フローラベルを利用してフローを識別する場合

送り元装置の端末IPv6アドレス

フローラベル値

20 フローの識別方法はこの後(a-1)、(a-2)に述べるようにアプリケーションに対応するポート番号を利用するものとフローラベルを利用するものがあるため、フロー識別方法の違いによりフロー識別情報の各エントリに登録される内容が異なる。詳しくはこの後説明する。本実施例では既にフロー識別情報テーブル52にはフロー識別のための情報が登録済みであるものと仮定して説明を進める。

【0022】次に受信したパケットが(a)～(c)いずれに該当するか判断する方法を受信したパケットのネットワーク層プロトコルがIPv4、IPv6それぞれの場合について説明する。

【0023】(a-1)フロー制御を必要とするIPv4パケットの判定方法

30 IPv4パケット内には後述のフローラベルのようなフロー制御に関する明示的な指示は含まれていないので、パケットに含まれている情報から判断する必要がある。はじめに述べたように、フローはある特定の端末アプリケーションから別のある特定の端末アプリケーションへの単方向のパケットの流れに対して設定する。よってフローを識別するためには宛先装置の端末IPv4アドレスとアプリケーションを特定するためのトランスポート層プロトコル種、アプリケーションが利用するポート番号を使う。IPv4ヘッダにはトランスポート層プロトコルに何をを使ってするか指定する“プロトコル”フィールドがある。トランスポート層プロトコルとしてTCPを利用しているならばこの値が6となり、UDPを利用しているならば17となる。さらに、TCPおよびUDPヘッダには宛先装置の“ポート番号”フィールドがあり、セッション層アプリケーションに対応するポート番号が設定される。受信パケットのIPv4ヘッダの宛先IPv4アドレス、トランスポート層プロトコル、TCP/UDPヘッダの宛先ポート番号を調べ、フロー識別情報テーブル52に登録済みの各項目と比較し一致したものがあればフローが設定されていてフロー制御を必要としているパケットであると判断でき、そのフロー識別番号も分かる。

50 【0024】(a-2)フロー制御を必要とするIPv6パ

### ケットの判定方法

IPv6は基本的にはIPv4を拡張したプロトコルであるため、(a-1)の説明と同様の方法でフロー制御を必要とするケットが判定できる。この場合、トランスポート層プロトコル番号およびポート番号は(a-1)で使っていた番号を基本的にそのまま利用できる。

【0025】しかし、IPv6の新たな機能の一つとして、IPv6ヘッダには通信の途中経路でフロー制御をするために“フローラベル”フィールドが定義されている。フロー制御を必要としているケットではフローラベルフィールドの値は1~16777215の範囲の値を持ち、フロー制御を必要としないケットでは0になっている。送り元IPv6アドレスとフローラベルを組み合わせるとフローを一意に識別できるが、フローラベルは宛先IPv6アドレスと対になるわけではない。しかしRFC1883によれば同じフローに属するケットは送り元IPv6アドレス、宛先IPv6アドレス、優先度フィールド(後述)の値、フローラベル、経路上のネットワーク機器で処理すべき各種オプションヘッダ(ルーティングオプションヘッダやホップバイホップオプションヘッダなど)がすべて同じ値になっていなければならないことから、送り元IPv6アドレス、フローラベル値が一意に定めれば宛先IPv6アドレスも一意に定まり、本実施例のフロー識別方法と矛盾は無い。よって受信ケットの送り元IPv6アドレスとフローラベル、宛先IPv6アドレスの組み合わせがフロー識別情報テーブル52に登録済みの各項目と一致したものがあればフローが設定されていてフロー制御を必要としているケットであると判断できる。なお、フローラベルの値が設定されているケットであってもフロー設定情報がフロー識別情報テーブル52に未登録であればここではフロー制御を必要とするケットとは認めないこととする。

【0026】このようにネットワーク層プロトコルがIPv6のケットの場合には、(a-1)と同じ方法か、またはフローラベル値を用いる方法どちらか、または両方を利用してフロー制御を必要とするケットを判定でき、またそのフロー識別番号も分かる。

【0027】(b-1)優先制御を必要とするIPv4ケットの判定方法

IPv4ケット内には優先度の取り扱いに関する明示的な指示は記録されていないので、上位プロトコルの情報から判断する必要がある。IPv4ヘッダにはトランスポート層プロトコルに何を使っているか指定する“プロトコル”フィールドがあり、トランスポート層プロトコルとして優先制御を必要とするTCPを利用している場合にはこの値が6となる。さらに、TCPヘッダには送り元装置または宛先装置の“ポート番号”フィールドがあり、送り元または宛先のポート番号フィールドにセッション層アプリケーションに対応する“良く知られたポート番号”が設定される。本実施例では優先制御を必要とする

パケットをスルーブットが要求されるアプリケーション、レイテンシが要求されるアプリケーションの2種に分けて扱う。良く知られたポート番号はRFC1700に定義されており、例えば次に示すものがある。

【0028】

スルーブットが要求されるアプリケーション  
ftp(File Transfer Protocol、データ転送用) 20  
レイテンシが要求されるアプリケーション  
ftp(File Transfer Protocol、制御用) 21  
telnet 23  
http(Hyper Text Transfer Protocol) 80  
ポート番号を調べるとセッション層アプリケーションが何であるかわかるので、前述のように受信ケットの取り扱い方法を決定できる。以上に示したようにIPv4ヘッダのプロトコルフィールド値とTCPヘッダのポート番号値を併用して、優先制御を必要とするケットか、また優先制御を必要とするならばスルーブットが重視されるのかレイテンシが重視されるのか、判断することができる。

【0029】(b-2)優先制御を必要とするIPv6ケットの判定方法

(a-2)にも述べたようにIPv6は基本的にはIPv4を拡張したプロトコルであるため、(b-1)の説明と同じ方法で優先制御を必要とするかどうか判定できる。この場合、上位プロトコル番号(TCPを利用している場合には6)およびポート番号はIPv4が使用していた番号をほぼそのまま利用できるが、IPv4のアプリケーションとは異なるIPv6独自のアプリケーションについてはポート番号の定義を追加する。

【0030】しかし、IPv6の新たな機能の一つとして、IPv6ヘッダには通信の途中経路で優先制御をするために“優先度”フィールドが定義されている。優先度フィールドは0~15の範囲の値を持ちIPv6の上位プロトコルの性格によりケットの中継を優先する度合を表している。IPv6を定義しているRFC1883ではそれぞれの値に意味を持たせているが、ここでは次のように大まかに分類する例を示す。

【0031】

0~2: 遅延時間が問題にならない電子メールなどのケット  
3~5: ファイル転送などのスルーブットが要求されるケット  
6~7: telnetなど対話型のレイテンシが要求されるケット  
8~15: ほぼ一定間隔で送られる画像、音声などの等時性データケット

通信する端末のセッション層アプリケーションに優先度フィールドの値を適切に設定させれば、この値を利用することで上位プロトコルの情報を参照しなくても優先制御を必要とするか、またスルーブット/レイテンシどち

らかを重視するか判定できる。本実施例ではこのうち優先度制御を必要とするパケットは優先度値 3～5、優先度値 6～7 のパケットと定義する。上位アプリケーションと優先度フィールド値の対応付けは上記分類例に従えば次のようになる。

#### 【0032】

優先度値 3～5 : ftp (データ転送用ポート) など  
優先度値 6～7 : ftp (制御用ポート), telnet, http など

このようにネットワーク層プロトコルがIPv6のパケットの場合には、(b-1)と同じ方法か、または優先度フィールドを用いる方法どちらか、または両方を利用して優先制御を必要とするパケットを判定できる。

#### 【0033】 (c) 特別な処理を必要としないパケットの判定方法

これまでの (a-1), (a-2), (b-1), (b-2) の説明で優先処理またはフロー制御が必要と判断されなかったパケットは全て特別な処理を必要としないパケットと判断できる。

【0034】以上 (a)～(c) の判定結果により、本実施例ではパケットをIPv4/IPv6の区別をせず次の4種に分類する。

【0035】・フローが設定されており、フロー制御を必要とするパケット

・優先制御を必要とするパケットのうちスループットが要求されるパケット

・優先制御を必要とするパケットのうちレイテンシが要求されるパケット

・上記以外の特別な処理を必要としないパケット

解析処理部5はこの分類結果を転送タグ生成部6へ渡す。なお、図2に (a)～(c) の判定処理手順をフローチャートを使って示す。図中、手順200は上記説明中の (a-1), (a-2) であり、手順201は上記説明中の (b-1), (b-2) である。受信したパケットが優先度処理の対象となるうえフローが設定されていてフロー制御の対象にもなる場合には、暗黙のうちに設定される優先度制御より明示的に意図して設定されるフロー制御を優先して実施する。このため図2に示すようにフロー制御の可否を優先制御の可否より先に調べる。

#### 【0036】●フローの設定/削除方法

これまでの説明はフローを識別するための設定情報はフロー識別情報テーブル52にあらかじめ登録しておくものとして登録方法には触れずに進めてきた。ここでフローの設定情報を登録/削除する方法を述べる。まず設定情報を登録する方法であるが、次のように3種類考えられる。

#### 【0037】・手動登録する方法

あるフローに対してフロー制御を利用した通信を行う前に、あらかじめフローを設定する必要がある宛先装置の端末IPアドレスとトランスポート層プロトコル種、ポー

ト番号を手動で登録する。設定時に同時に各フローに割り当てる帯域も設定する必要がある。

【0038】・RSVP (Resource Reservation Protocol) を利用して自動登録する方法

IETFにおいて標準化作業中の帯域予約プロトコルであるRSVPの制御パケットを利用して自動的に設定する。RSVPのドラフト第14版draft-ietf-rsvp-spec-14によれば、帯域予約の手順は次のようになる。すなわち、フローを設定したい経路の宛先装置側からフローの送り元装置へ向けてフロー設定要求パケット (Resvメッセージ) を送信し、フローの途中経路にあるネットワーク機器はこのパケットを監視して自動的にフローを設定し帯域を予約する。よってフローの途中経路にあるネットワーク機器は帯域の予約と関連付けて同時にフローの設定情報を登録すれば良い。RSVPではフローは宛先IPアドレス、トランスポート層プロトコル種、ポート番号によって定義されるので、本実施例のフロー識別方法と矛盾無く協調動作できる。

【0039】・本実施例のネットワーク間接続装置が取り扱うパケットを監視して自動登録する方法

本実施例のネットワーク間接続装置が通過させるパケットの内容を監視して、フローとしては未登録であるが登録して処理した方が良いパケットを判別して自動登録する。監視する項目としては (1) 宛先IPアドレス、トランスポート層プロトコル種、ポート番号の組み合わせ、 (2) IPv6パケットの場合には送り元IPアドレス、フローラベル値の組み合わせが考えられる。が、これらはいずれも解析処理部5でフロー制御を必要とするパケットの判別に使っている項目であるため大幅な機能追加なしに実現可能である。両者について個別に説明する。まず、 (1) の組み合わせの場合には、例えば音声や画像を実時間で取り扱うアプリケーションのように、フロー制御が必要となるアプリケーションのトランスポートプロトコルおよび“良く知られたポート番号”をあらかじめ登録しておく必要がある。受信したパケットの宛先または送り元のトランスポートプロトコルおよび“良く知られたポート番号”があらかじめ登録してある値に一致し、しかもフロー識別情報テーブル52にフローを識別するための設定情報が未登録であったならば、このパケットはフローを設定してフロー制御すべきパケットと判断できる。この方法はIPv4, IPv6両方に共通して使える。次に (2) の組み合わせの場合には、IPv6特有のフローラベルを利用する方法である。パケットの送り元装置がフロー制御を必要としているパケットを送信する場合、送り元装置はIPv6パケットヘッダのフローラベル値を0以外の値に設定する。すなわち、フローラベル値が0で無いにも関わらずフロー識別情報テーブル52にフローを識別するための設定情報が未登録であったならば、このパケットはフローを設定してフロー制御すべきパケットと判断できる。 (1), (2) 両者ともフロー

を識別するための情報を自動設定することはできるがそれぞれのフローに割り当てる帯域値は分からないので、例えばセッション層アプリケーション毎すなわちポート番号毎にあらかじめ割り当てる帯域値を決めておき、フロー設定時にこの値に基づき帯域値を割り当てるなどの方法により帯域の自動設定も実現できる。

【0040】次に、上記3種のいずれかの方法で設定されたフロー識別情報を削除する方法は同様に次の3種類考えられる。

#### 【0041】・手動削除する方法

削除対象となるフローの識別情報および予約された帯域の設定情報を手動で削除する。

#### 【0042】・RSVPを利用して自動削除する方法

RSVPの帯域予約の状態に連動させてフロー識別情報を削除する方法である。RSVPでは、フロー毎の予約帯域を次の2種のいずれかの方法で解除する。(1) 予約した帯域の設定を削除するメッセージ(Resv Tearメッセージ)やフローの途中経路にあるネットワーク機器の情報を削除するメッセージ(Path Tearメッセージ)を監視してこのパケットを受信したらフローの設定情報を削除する。

(2) フローの途中経路にあるネットワーク機器の情報を定期的に更新するメッセージ(Pathメッセージ)を監視し更新期限までに次のメッセージが来なかった場合にフローの設定情報を削除する。よって、本実施例のネットワーク間接続装置ではRSVPが予約していた帯域を解除したことを検出して、またはRSVPと同様に(1)、(2)のパケットを監視してフロー識別情報を削除する。PSVPと同様に(1)、(2)のパケットを監視する場合、フロー識別情報エントリにはこれまでに述べた項目以外に監視のためのエージングタイムを持つ必要がある。

#### 【0043】・フローに属するパケットを監視して自動削除する方法

設定したフローに属しているパケットを監視して、一定時間以上通信が行われなかった設定情報を削除する。

#### 【0044】●受信側モジュールから送信側モジュールへのパケット転送

ここまでの処理により、転送先モジュール、受信パケットの取り扱いは決定した。次はモジュール間でパケットを転送するために転送タグを生成する。転送タグ生成部6は解析処理部5における解析結果を受けて転送タグを生成する。転送タグの書式例を図3に示す。転送タグは、受信側モジュール1-1が受信したパケットを次のネットワークへ送出する送信側モジュール1-2へ転送するための宛先を示す以外に、送信側モジュールで転送するパケットをどのように取り扱う必要があるかを示す目的がある。このため転送タグに入れなければならない情報は、転送先モジュール番号、受信パケットの取り扱い方法を示すフラグ、利用する優先送信キューの番号(優先制御が必要な場合にのみ有効)、フローの識別番号(フロー制御が必要な場合にのみ有効)である。図4に転送

タグに入れる転送先モジュール番号の書式例を示す。転送先モジュール番号はバケットによっては複数のモジュールへ同時に転送する必要があるため、図4に示すようにそれぞれのビットが転送先モジュールに対応するビット列を使って指定する。例えば、転送先モジュール1-2と転送先モジュール1-5に対応するビットが“1”に設定されその他がすべて“0”に設定されている場合には、バケットはモジュール1-2と1-5に同報転送される。本実施例では送信側モジュール1-2へ転送するため、モジュール1-2に対応するビットだけ“1”に設定する。また、受信バケットの取り扱い方法を示すフラグには次の2種を持つ。

【0045】・フロー制御フラグ：フロー制御を要するバケットであることを表すフラグ

・優先制御フラグ：優先制御を要するバケットであることを表すフラグ

解析処理部5の処理結果のパケットの取り扱いに対応するフラグのみ“1”に設定する。本実施例の場合、優先制御を要する時には優先送信キューの番号として、スレーブ保証を要するバケットの場合には“1”、レイテンシ保証を要するバケットの場合には“2”を設定する。フロー制御や優先制御を必要としない場合にはいずれのビットも“1”に設定せず全て“0”と設定する。転送タグにはこれ以外にもフラグや付加情報を追加することも可能である。例えば、バケットが使っているネットワーク層プロトコルがIPv4であるかIPv6であるかそれ以外であるかを示すフラグや、送信元/宛先装置のネットワーク層アドレスを追加することで、転送先モジュールの処理を容易にできる場合もあり得る。また、データ転送手段2の構造によっては転送元モジュール番号を必要とする場合もあり得る。なお、本実施例では優先制御を要するバケットを2種類に分類して説明するが、優先制御を要するバケットをすべて1まとめにして扱う場合も考えられ、また、さらに多くの種類に細分化して扱う場合も考えられる。その場合には転送タグの優先送信キューの番号としてとり得る値の範囲が増減する。

【0046】その後、転送制御部7-1は転送タグ生成部6が生成した転送タグを受け取り、解析処理部5で決定した転送先の送信側モジュール1-2へ向けてまず転送タグを、続いて受信キュー4に格納されているパケット本体を連続してデータ転送手段2へ送り出す。転送タグに宛先モジュールと指定されたモジュールはデータ転送手段2に送り出された転送タグとパケット本体を取り込むが、この時の処理を次に説明する。

#### 【0047】●送信キューへの振り分け

各モジュール1-iの転送制御部7-iはデータ転送手段2に送り出される転送タグを監視し、自モジュールが宛先モジュールに指定されていれば転送タグとパケットの取り込みを開始する。ここでは宛先モジュールとして送信側モジュール1-2が指定された場合を考える。転送制



御手段7-2は自モジュールが宛先モジュールに指定されているならば、まずはじめに転送タグを取り込んで振り分け制御部11で転送タグの内容を解析する。転送タグには図3に示したようにパケットを前述の(a)~(c)の判定結果4種のうちどれに従って取り扱えば良いかフラグ化して記録してあるので、フラグの状態に従って転送タグに続いて取り込むパケットをそれぞれ次のように対応する送信キューへ振り分け、登録する。

【0048】・フロー制御を要するパケットは、個々のフローに対応するフロー送信キュー10-1, 10-2, …10-kへ登録

・優先制御を要するパケットのうちスループットが要求されるパケットは、優先送信キュー9-1へ登録

・上記以外の特別な処理を必要としないパケットは、一般送信キュー8へ登録

フローは個別に帯域を予約し個々の予約されている帯域幅が異なるため、フロー送信キューはフロー毎に個別に持つ必要がある。

【0049】次に、送信キューの管理方法の例を述べる。まず、図5にフロー送信キュー10-1~10-kとその管理表124-1~124-kの構造例を示す。一般送信キュー、優先送信キュー、フロー送信キューいずれも基本的には管理方法は同じである。フロー送信キューを例にして説明する。送信キューはパケット本体を格納するメモリ領域、このメモリ領域へのポインタを登録する送信キュー本体、キューを管理する管理表から構成される。管理表が持っている情報は、キュー管理のポインタ、送信タイマー管理用の情報(後述)、フロー識別番号である。キュー管理のポインタとは、実際に該当する送信キューに対してパケットの格納/読み出しをするために必要なキューを構成するメモリ領域のアドレス情報であり、メモリ領域の先頭アドレス、1エントリのデータ長、キューの最大エントリ数、読み出しポインタ、書き込みポインタなどのことを指す。送信タイマー管理用の情報は一般送信キューの管理表ではなく、優先送信キューとフロー送信キューの管理表だけが持つ。また、フロー識別番号はフロー送信キューの管理表だけが持つ。他のモジュールから転送されてきたパケットを適切な送信キューに振り分けるまでの処理を説明する。はじめに他モジュールから転送された転送タグを取り込み、振り分け制御部11へ渡す。振り分け制御部11で転送タグのフラグを調べる処理と平行して、空いているメモリ領域を確保して転送されたパケットを格納する。メモリの実際の管理方法は装置によって異なることが考えられるが、どのような方法で管理していても構わない。例えば、メモリ領域の長さが固定長か可変長か、1パケットを格納するメモリ領域が1個か複数か、などの方式の違いが考えられる。振り分け制御部11で転送タグのフラグからどの送信キューに格納するか判断すると、該当する送信キューの管理表から現在の書き込みポインタを得る。本実施

例では、転送タグの優先送信フラグが“1”に設定されていれば転送タグの優先送信キューの番号に対応する優先送信キュー9-1~9-jを、フロー送信フラグが

“1”に設定されていれば転送タグのフロー識別番号に対応するフロー送信キュー10-1~10-kを、いずれのフラグも“1”に設定されていなければ一般送信キューを利用する。該当する送信キューの書き込みポインタの値を得たらパケットを格納したメモリ領域の先頭アドレスをキューの現在の書き込みポインタの位置に書き込み、書き込みポインタの値を更新する。

【0050】一般送信キューと優先送信キューは本実施例のネットワーク間接続装置が動作を開始する時点から固定的に設定するが、フロー送信キューは本実施例のネットワーク間接続装置が動作を開始した時点では存在しない。一般送信キューと優先送信キューを利用するパケットはいつ到着するか分からないので常に送信キューを用意しておかねばならない。これに対して、フローキューを利用するパケットはフローを設定してから削除するまでの期間にのみ到着しそれ以外の期間には到着しないことが分かっているため、フローの設定と共に対応するフロー送信キューとその管理表を作り、フローの削除と共に対応するフロー送信キューとその管理表を削除することができ、キュー管理処理に費やす処理負荷を低減できる。

#### 【0051】●送信制御

各送信キューからパケットを送信する制御は、各キューの内容を調べてパケットが登録されていれば送信するという方法を取る。一般送信キュー8から送信する場合にはタイマ管理などは一切行わない。優先送信キュー9-1~9-jおよびフロー送信キュー10-1~10-kから送信する場合にはタイマの値を利用する。タイマを利用した送信制御について述べる。

【0052】優先送信キュー9-x ( $1 \leq x \leq j$ ; xは整数)の場合、定期的に一定の時間を割り当てその期間中は連続してパケットを送信する。定期的に時間を割り当てる方法は、例えば次の2方式が考えられる。1番目の方法は、優先送信キュー9-xに対応する送信キュー管理表123-xに次に送信処理を実行予定時刻のタイマ値をタイマ値Aとして登録しておき優先送信キュー9-x以外の優先送信キュー/一般送信キュー/フロー送信キューを1つ処理する毎に優先送信キュー9-xに対応する送信キュー管理表123-xのタイマ値Aとフリーランタイマ125の値を比較し、フリーランタイマ125の値がタイマ値Aの値に達したら優先送信キューの処理を開始する。2番目の方法は、別に用意するタイマに優先送信キュー9-xの処理時間間隔を設定しておき、時間が来たらタイマから割り込みを発生させて優先送信キュー処理を実行する方法である。優先送信キュー9-xの送信処理は次のような手順で実施できる。優先送信キュー9-xの送信処理を開始するとき最初に現在のフリーラン

イマ125の値を送信キュー管理表123-xのタイマ値Bに登録する。その後キューにパケットが登録されていれば1パケット送信し、例えば優先送信キュー9-xの処理時間として一定時間mを与えたとすると送信キュー管理表123-xに登録したタイマ値Bにmを加えた値が現在のフリーランタイム125の値より小さければさらにもう1パケット送信する。このようにして送信キュー管理表123-xに登録したタイマ値にmを加えた値が現在のフリーランタイム125の値より大きくなるまで送信し続ける。送信を終了するときには上記のように管理表123-xのタイマ値Aの値を更新する。定期的に割り当てる時間間隔を短くし、かつ処理時間mを短く設定すれば、データ量は少ないが個々のパケットに対して早い応答速度を必要とするパケットの扱いに適した処理を実行できる。これに対して、定期的に割り当てる時間間隔を比較的長くし、かつ処理時間mも長く設定すれば、個々のパケットに対する応答速度はあまり重要視されないがデータ量が多く高いスループットを必要とするパケットの扱いに適した処理を実行できる。このような処理により、混雑時にもある程度優先してパケットを送信できる。

【0053】フロー送信キュー10-y ( $1 \leq y \leq k$ ; yは整数)の場合、まず各フロー毎に割り当てられた帯域および推定の平均パケット長から平均的なパケットの送信時間間隔nを決める。同一フローに属するパケットはほぼ同じ性質のデータを扱っていると仮定でき、パケット長が大幅に変動することはないと考えられる。フロー送信キューのパケットを送信し終わる毎に次の2つの値を管理表にタイマ値A、タイマ値Bとして登録しておくものとする。

【0054】・タイマ値A：現在のフリーランタイム125の値に例えばnの0.8倍を加えた値

・タイマ値B：現在のフリーランタイム125の値に例えばnの1.2倍を加えた値

次にこのフロー送信キューのパケットを送信する前に現在のフリーランタイム125の値を調べ、前回送信時に管理表に登録したタイマ値Aからタイマ値Bまでの範囲に入っていれば1パケットを送信し、タイマ値A、Bを更新する。フローを設定して最初に扱うパケットの場合には無条件で送信する。また、仮に現在のフリーランタイム125が前回送信時に管理表に登録したタイマ値Bを越える場合、輻輳が発生しているものとしてパケットを廃棄する。これを繰り返すことでフロー送信キューに登録されたパケットをほぼ一定間隔で送信することが可能となる。また、個別のフロー送信キュー10-yに対応する管理テーブル124-yに登録されたタイマ値Aとタイマ値Bをすべてフリーランタイム125と比較する処理をハードウェアに処理させることにより処理負荷を軽減することが可能である。一般的にCAM(Content Addressable Memory)と呼ばれている半導体素子があり、登録されている複数のデータとある1個の値とを比較し、一致し

たデータが登録されているアドレスを出力する機能を持つ。このCAMの機能を一致検出ではなくある範囲に入っていることを検出する機能に拡張し、タイマ値AとBに登録しておきフリーランタイム125の値と比較する構成をとれば実現可能である。

【0055】以上のようにそれぞれの送信キューから送信処理をされたパケットはネットワークインタフェース制御部3-2を経てネットワークへ送信される。

【0056】●異なる構成の場合

10 本実施例では、ネットワークから受信したパケットの取り扱いを決定するためのヘッダ解析を受信側モジュール1-1の解析処理部5で処理するように説明した。しかし、受信パケットの取り扱い決定のための解決結果はパケットの転送には無関係であるため、この解析はパケットを送信側モジュール1-2へ転送しそれぞれの送信キューへ振り分ける直前に実施する構成をとる別の実施例も考えられる。この場合、これまでに説明した実施例における送信側モジュール1-2の振り分け制御部11にパケットの取り扱い決定のためのヘッダ解析機能を持つ。受信側モジュール1-1から転送されてきたパケットをモジュールに取り込むと同時に振り分け制御部11においてパケットのヘッダを解析し優先送信キュー／フロー送信キュー／一般送信キューのいずれを使うか決定してパケットを該当する送信キューへ登録する。パケットの解析処理と解析結果によりパケットを対応する送信キューへ振り分ける処理を同一モジュールで実施するため、モジュール間転送時の転送タグには解析結果フラグを入れる必要がなく転送タグは転送先モジュール番号だけがあれば良い。

30 【0057】また本実施例では、あるモジュールがネットワークから受信したパケットを別のモジュールに転送し、そのモジュールから別のネットワークへ送信する場合を説明した。しかし、単一モジュールに複数のネットワークを接続しているモジュールの場合、そのモジュールのあるネットワークから受信したパケットを同一モジュールの別のネットワークへ送信することもあり得る。このように受信したパケットをモジュール内で折り返して送信する場合、このモジュールがこれまでに説明した受信側モジュール1-1の機能と送信側モジュール1-2の機能

40 機能を兼ね備えている必要がある。解析処理部5の解析の結果モジュール間転送が不要であることが分かったら、解析処理部5は同一モジュール内の振り分け制御部11に直接解析結果を伝えパケットをそれぞれ送信キューへ振り分ける。解析処理部5から振り分け処理部11へ解析結果を伝える手段は、転送タグを用いても良いし転送タグを生成する元となる情報を直接伝えても構わない。折り返し処理をする場合にはパケットをモジュール間で転送するわけではないので転送タグは必ずしも必要ではないが、パケットをモジュール間で転送する場合との処理手順を共通化するために転送タグを利用しても構わな

50

い。

【0058】

【発明の効果】本発明の方式によりネットワークから受信したパケットを解析してそのパケットが優先制御を要するか、フロー制御を要するか、特別な処理を要さないか判別し、判別結果に従ってプロトコルに関わらずパケットの取り扱い別に送信キューにパケットを分別し、優先制御を要するパケットの送信キューからはパケットが一定以上の帯域を保って送信されるよう、またフロー制御を要するパケットの送信キューからはフロー毎に割り当てられた帯域値に従ってほぼ一定間隔を保って送信されるよう制御することで、異なる複数のプロトコル、特にIPv4プロトコル(Internet Protocol version 4)とIPv6プロトコル(Internet Protocol version 6)両方を区別なく同様に取り扱い比較的处理負荷が軽い優先制御およびフロー制御機能を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の装置の内部構成例。

【図2】受信パケットの取り扱い判定処理手順を表すフ

ローチャート。

【図3】転送タグの書式例。

【図4】転送先モジュール番号の書式例。

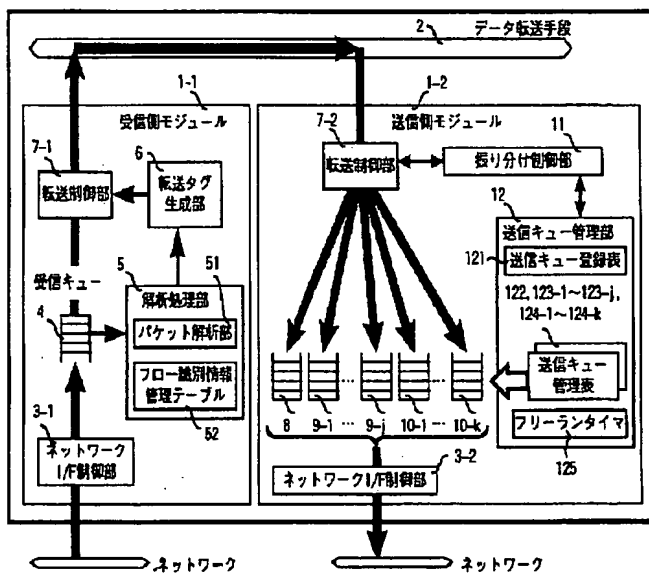
【図5】フロー送信キューとその管理表の構造例。

【符号の説明】

1-1, 1-2, 1-3, …1-i (iは0でない整数) …モジュール、  
2…データ転送手段、3-1, 3-2, 3-3, …3-i…ネットワークインタフェース制御部、4…受信キュー、5…解析処理部、51…パケット解析部、52…フロー識別情報テーブル、  
6…転送タグ生成部、7-1, 7-2, …7-i…転送制御部、8…一般送信キュー、9-1, 9-2, …9-j (jは0でない整数) …優先送信キュー、10-1, 10-2, …10-k (kは0でない整数) …フロー送信キュー、11…振り分け制御部、12…送信キュー管理部、121…送信キュー登録表、122…一般送信キュー8の管理表、123-1, 123-2, …123-j…優先送信キュー9-1, 9-2, …9-jの管理表、124-1, 124-2, …124-k…フロー送信キュー10-1, 10-2, …10-kの管理表、125…送信管理用のフリーランタイム。

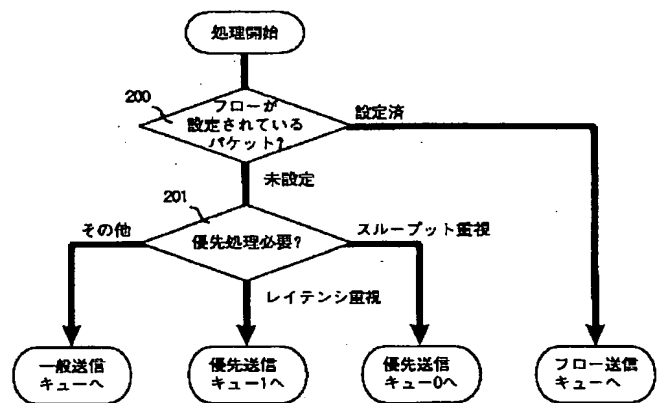
【図1】

図1



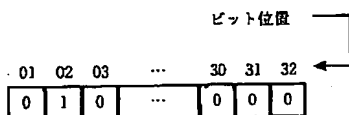
【図2】

図2



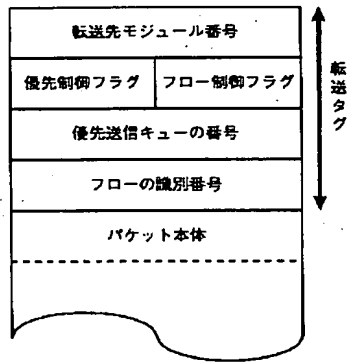
【図4】

図4



【図 3】

図 3



【図 5】

図 5

